IEEE 802.1AS 에서 균형적인 평균 전달 지연 시간을 고려한 시간 동기화 방법

강성환*, 위즈빈*, 안정균**, 김승호*
*경북대학교 전자전기컴퓨터학부
**KT 미래기술연구소
e-mail : {shkang, zbyu}@mmlab.knu.ac.kr, jkahn@kt.com, shkim@knu.ac.kr

Time Synchronization for Mean Propagation Delay Symmetry Considered in IEEE802.1AS

Sunghwan Kang*, Zhibin Yu*, Jeong-Gyun Ahn**, Sung-Ho Kim*
*Dept. of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University
**KT Central R&D Laboratory

요 약

네트워크를 이용하는 장치들간의 시간 동기는 최근 중요한 이슈로 떠오르고 있다. 이들 장치들간의 시간 동기를 위해 IEEE 802.1AS 에서 규격이 작성되고 있다. 네트워크 전체에 시간을 동기화하기 위해 가장 정확한 시간을 가진 장치를 선정하는 단계, 이웃하는 장치들간의 평균 전달 지연 시간을 측정하는 단계, 기준 시간에 모든 장치들이 시간을 동기화 하는 단계를 거치게 된다. 본 논문에서는 균형적인 평균 전달지연시간 측정하고 이를 시간 동기화에 적용하는 방법을 제안한다.

1. 서론

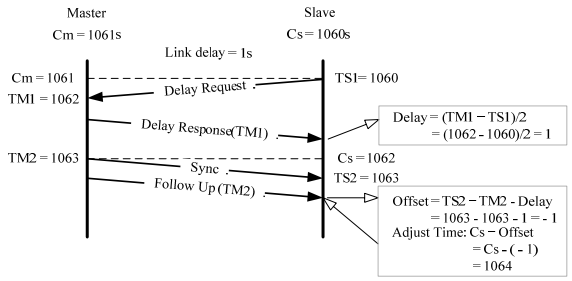
최근 네트워크 통신을 통한 멀티미디어 서비스 및 가전 제품들 기능 활용이 많이 증가하였다. 우리는 이미 VoIP (Voice over Internet Protocol) 및 IPTV (Internet Protocol Television) 등과 같은 기술을 접하고 있다. 이들 기술들은 모두 네트워크 통신을 이용해서 생활에 접목하고 있는 서비스들이다. 하지만 이들 기술들은 네트워크의 QoS (Quality of Service) 및 여러 기술적 한계들로 인해 현재 많은 제약을 받고 있다[1].

IEEE 802.1AVB (Audio/Video Bridging)는 장치들 간의 시간 동기(IEEE802.1AS), 네트워크 대역폭 확보(IEEE 802.1Qat) 및 QoS 를 보장하기 위한 트래픽 전달 방법(IEEE 802.1Qav)을 규격화 하고 있다[2]. 본 논문에서는 이들 방법들 중에서 IEEE 802.1AS 에서 다루고 있는 시간 동기방법에 관련된 것으로 두 이웃하는 장치들 간의 시간 정확도를 높이는 방법을 제한한다.

현재 IEEE 802.1AS 는 평균 전달지연시간을 측정하고 있다[3]. 하지만 두 장치들간의 전달지연시간은 네트워크의 트래픽이 방향성을 띄고 있으므로 두 장치 중 어느 쪽에서 측정하느냐에 따라 평균전달지연시간이 변화하게 된다. 따라서 본 논문에서는 네트워크 트래픽의 방향성을 고려하여 평균전달지연시간을 측정한다.

2. IEEE 1588 PTP 및 IEEE 802.1AS 에서의 전달지연 시간 측정 방법

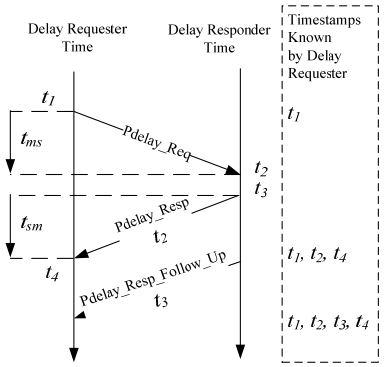
IEEE 1588 PTP (Precision Time Protocol)은 IEEE 802.1AS 의 배경 기술이다[4]. IEEE 1588 PTP 는 현재 공장자동화 등 아주 정확한(1us 미만) 시간 동기가 요구되는 분야에서 이미 상용화된 기술이다. PTP 는 시간을 동기화하기 위해 평균전달지연시간을 측정한다. 평균 전달지연시간은 Slave 장치에서 계산하여 Mater 장치를 기준하는 시간에 동기화하기 위해 이용된다. 아래 그림 1 은 평균전달지연시간을 측정하여 시간을 동기화하는 과정이다.



(그림 1) IEEE 1588 PTP 의 시간동기화

IEEE 802.1AS 는 네트워크 계층간의 시간차이와 두 장치들간의 시간 주파수의 차이(r)를 모두 고려하였다. 아래 그림 2 는 수식 (1)을 이용하여 IEEE 802.1AS 의 평균전달지연시간(T_{mpd})을 측정하는 과정이다.

$$t_{ms} = t_2 - t_1, t_{sm} = t_4 - t_3$$
$$T_{mpd} = \frac{r \cdot (t_{ms} + t_{sm}))/2}{r} \qquad (1)$$
$$where, r = (t_{3n} - t_3)/(t_{4n} - t_4)$$



(그림 2) IEEE 802.1AS 의 평균전달지연시간 측정

t_{ms} 는 Slave 장치에서 master 장치로의 전달지연시간이고 t_{sm} 은 이에 대한 응답에서의 전달지연시간이다. 따라서 시간 주파수의 차이는 그림 2 의 과정을 두 번 이상 수행해야지만 구할 수 있다.

3. 균형적인 평균 전달지연시간 측정을 통한 정확한 시간 동기 방법

IEEE 1588 PTP 및 IEEE 802.1AS 는 양방향 네트워크의 특성을 고려하지 못 했기 때문에 양쪽의 평균전달지연시간이 똑같이 적용된다고 보기는 힘들다. 따라서 본 논문에서는 네트워크의 방향성을 고려하여 균형적인 평균전달지연시간 측정하고 이를 시간 동기화에 이용하는 방법을 제안한다.

Slave 장치는 Master 장치로부터 시간을 동기화 하기 위해 평균 전달지연시간을 측정한다. 평균전달지연 시간은 수식 (1) 에 의해 구해지고 두 장치간의 불균형정도($t_{asymmetry}$)는 아래의 수식 (2)에 의해 구해진다. 수식 (2)는 t_{ms} 가 t_{sm} 보다 클 경우에 적용된다.

$$t_{asymmetry} = T_{mpd} - t_{ms}$$
$$t_{asymmetry} = t_{sm} - T_{mpd} \qquad (2)$$

수식 (2)에 의해 구해진 불균형정도는 Slave 장치에서 좀 더 정확히 시간을 동기화 하기 위해 다음 수식 (3)에서 이용된다.

$$t_{slave} = t_{master} - r \cdot t_{mpd} \pm t_{asymmetry} \qquad (3)$$

본 논문에서 제한된 방법의 경우 두 장치간의 불균형정도를 평균 전달지연시간을 계산 할 때 함께 계산하기 때문에 시간 동기화를 위하여 추가적인 절차가 필요 없다. 또한 두 장치간의 불균형정도를 제거해 줌으로써 좀 더 정확한 시간을 동기화 할 수 있다.

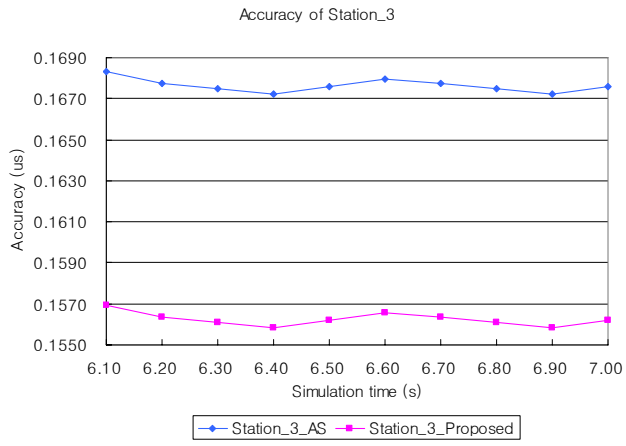
4. 실험 결과

본 논문에서 제안된 방법의 비교를 위해 OPNET 시뮬레이션을 이용하였다. OPNET 시뮬레이션에서 이용된 노드는 브리지 6 개, 스테이션 3 개가 이용되었고 Station_1 이 그랜드마스터의 역할을 수행한다. 단대단 거리는 Office Network 크기인 $100m^2$ 의 거리에 의해 계산된다. 그랜드마스터와 Slave 장치간의 최대 홉수는 7 홉을 이루도록 하였다.

그림 3 은 시간 정확도를 IEEE 802.1AS 와 제안된 방법을 비교한 그림이다. Station_3 은 Master 와 7 hops 의 거리에 위치한다. 시간 정확도는 아래의 수식(4)에 의해 구해진다.

$$accuracy = \sum_{i=1}^{n} (t^{i}_{master} - t^{i}_{slave}) / n\tau, n = 100 \qquad (4)$$

즉, 정확도(accuracy)는 n 번의 시간간격(τ) 동안 관찰한 Master 와 Slave 의 시간차이의 평균을 나타낸다.



(그림 3) 제안된 방법과 IEEE 802.1AS 와의 시간 정확도 비교

실험 결과에서와 보는 것과 같이 제안된 방법이 약 11% 정도 더 높은 정확도를 보여준다.

5. 결론

본 논문에서는 평균전달지연 시간을 측정할 경우 발생되는 양방향 링크상의 불균형정도를 측정하여 Slave 장치가 시간 동기화를 이룰 경우 이를 적용하는 방법을 제안하였다. 실험결과에서 기존의 IEEE 802.1AS 의 방법보다 좀 더 정확한 시간 동기화를 이루는 것을 확인 할 수 있었다.

참고문헌

[1] Terry Ulick. “Building a Digital Home Entertainment Network: Multimedia in Every Room”, Que, December 2005.

[2] IEEE 802.1AVB Task Group, http://www.ieee802.org/1/pages/avbridges.html

[3] Geoffrey M. Garner, Timing and Synchronization for Time-Sensitive Applications in Bridged Local Area Networks – Draft 6.0”, IEEE 802.1AS, July, 2009

[4] IEEE Committee, “IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Networked Measurement and Control Systems”, IEEE Standard, 2008